

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS: Yong-soo KIM et al. **EXAMINER:** Not Yet Assigned
SERIAL NO.: Not Yet Assigned **GROUP ART UNIT:** Not Yet Assigned
FILED: Concurrently **DATED:** June 25, 2003

**FOR: METHOD AND APPARATUS FOR COMPENSATING FOR THE FREQUENCY
OFFSET IN INTERLEAVED FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS**

Mail Stop PATENT APPLICATION
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

Attached is a certified copy of Korean Appln. No. 2002-0044461 filed on
July 27, 2002 from which priority is claimed under 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,



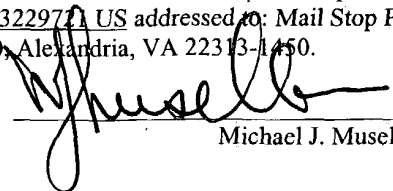
Paul J. Farrell
Reg. No. 33,494
Attorney for Applicants

DILWORTH & BARRESE
333 Earle Ovington Blvd.
Uniondale, NY 11553
(516) 228-8484

CERTIFICATION UNDER 37 C.F.R. § 1.10

I hereby certify that this correspondence and the documents referred to as enclosed are being deposited with the United States Postal Service on date below in an envelope as "Express Mail Post Office to Addressee" Mail Label Number EV 333229721 US addressed to: Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Dated: June 25, 2003



Michael J. Musella



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출 원 번 호 : 10-2002-0044461
Application Number

출 원 년 월 일 : 2002년 07월 27일
Date of Application JUL 27, 2002

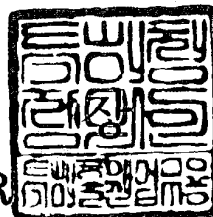
출 원 인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 02 월 08 일

특 허 청

COMMISSIONER



52

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0017
【제출일자】	2002.07.27
【국제특허분류】	H04M
【발명의 명칭】	인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 방법 및 장치
【발명의 영문명칭】	Method and apparatus for compensating for the frequency offset in interleaved frequency division multiple access
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	1999-009556-9
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2000-002816-9
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김영수
【성명의 영문표기】	KIM, Young Soo
【주민등록번호】	640112-1063613
【우편번호】	463-510
【주소】	경기도 성남시 분당구 미금동 까치마을1단지 대우아파트 109동 2401 호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	황찬수
【성명의 영문표기】	HWANG, Chan Soo
【주민등록번호】	750704-1162416

【우편번호】 449-900

【주소】 경기도 용인시 기흥읍 서천리 394번지

【국적】 KR

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인 이영
필 (인) 대리인
이해영 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	31 면	31,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	0 항	0 원
【합계】		60,000 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 방법 및 장치가 개시된다. 인터리브된 주파수 분할 다중 접속에서 $u(1 \leq u \leq U)$ (여기서, U 는 사용자의 수를 나타낸다.)번째 사용자에게 대한 송신 신호와 수신 신호간의 주파수 오프셋을 보상하는 이 방법은, 초기 상태에서 수신 신호로 결정되고 정상 상태에서 궤환 신호로 결정되는 선택 신호로부터 주파수 오프셋을 추정하는 단계, u 번째 사용자에게 대한 수신 신호를 $i(1 \leq i \leq U-1)$ 번째 다른 사용자들에 대한 수신 신호들이 간섭한 정도를 나타내는 간섭량을 추정하는 단계와, 수신 신호로부터 추정된 간섭량을 감산하고, 감산된 결과를 궤환 신호로서 결정하는 단계와, 전술한 단계들이 소정 횟수만큼 반복하여 수행되었는가를 판단하고, 소정 횟수만큼 반복하여 수행되지 않았다고 판단되면 상기 주파수 오프셋을 추정하는 단계로 진행하는 단계 및 소정 횟수만큼 반복하여 수행되었다고 판단되면, 최종적으로 결정된 궤환 신호와 추정된 주파수 오프셋을 이용하여 송신 신호를 추정하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 한다. 그러므로, 주파수 오프셋으로 인한 수신 신호의 진폭 및 위상의 왜곡들 뿐만 아니라 사용자들간의 간섭을 기저 대역에서 제거할 수 있기 때문에 회로 설계 및 구현 비용을 저렴하게 하고, 채널의 특성을 추정하기 전에 주파수 오프셋을 보상할 수 있는 효과를 갖는다.

【대표도】

도 1

【명세서】**【발명의 명칭】**

인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 방법 및 장치{Method and apparatus for compensating for the frequency offset in interleaved frequency division multiple access}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 의한 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.

도 2는 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 장치를 갖는 IFDMA 통신 장치의 블록도이다.

도 3은 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 장치의 블록도이다.

도 4는 도 3에 도시된 주 주파수 오프셋 추정부의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예의 블록도이다.

도 5는 도 3에 도시된 송신 신호 추정부의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예의 블록도이다.

도 6은 도 3에 도시된 간섭량 추정부의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예의 블록도이다.

도 7은 도 6에 도시된 제 i 종 주파수 오프셋 추정부의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예의 블록도이다.

도 8은 도 6에 도시된 제i 정도 추정부의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예의 블럭도이다.

도 9는 도 6에 도시된 궤환 신호 생성부의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예의 블럭도이다.

도 10은 주파수 오프셋을 갖지 않은 이상적인 수신 신호의 성상을 나타내는 도면이다.

도 11은 주파수 오프셋이 부 반송파들간에 간격의 3%일 때 수신 신호의 성상을 나타내는 도면이다.

도 12는 도 11에 도시된 성상에 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 방법 및 장치를 적용할 때 보여질 수 있는 수신 신호의 성상을 나타내는 도면이다.

도 13은 주파수 오프셋에 따른 SNR의 변화를 나타내는 그래프이다.

도 14는 주파수 오프셋에 따른 BER의 변화를 나타내는 그래프이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<15> 본 발명은 주파수 분할 다중 접속(FDMA:Frequency Division Multiple Access)에 관한 것으로서, 특히 인터리브된 주파수 분할 다중 접속(IFDMA:Interleaved FDMA)에서 주파수 오프셋을 보상하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

<16> 인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 사용하는 IFDMA 통신 장치에서 주파수 오프셋은, 송신기로부터 수신기로 송신된 신호의 크기와 위상을 변화시킬 뿐만 아니라 사용자

간의 간섭 현상을 일으켜 수신 신호대 잡음비(SNR::Signal to Noise Ratio)을 저하시킨다. 여기서, IFDMA란, 다중 반송파를 시간 영역에서 구현하는 방법으로 "Interleaved FDMA-A new spread spectrum multiple access scheme"라는 제목으로 Uli sorger, Isabella de Broeck 및 Michael Schnell에 의해 1998년도에 ICC에 발표된 의사록(Proc)의 페이지 1013-1017에 개시되어 있다. 이 때, 주파수 오프셋이란, IFDMA 통신 장치의 송신기가 갖는 송신 발진기(미도시)와 수신기가 갖는 수신 발진기(미도시)에서 발생하는 발진 주파수들간의 차이로 인해 야기된다. 이를 해결하기 위해, 즉, 주파수 오프셋을 최소화시키기 위해, IFDMA 통신 장치의 송신기와 수신기에 매우 정밀한 아날로그 라디오 무선(RF:Radio Frequency)/중간 주파수(IF:Intermediate Frequency) 부품을 사용해야 한다. 그러나, 주파수 오프셋이 커짐에 따라 원하는 성능을 충족시키는 아날로그 RF/IF 부품을 구현하기 어려운 문제점이 있으며, 이 부품을 구현한다고 하더라도 아날로그 RF/IF 부품의 제작 비용이 증가하게 되는 문제점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <17> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 주파수 오프셋을 제거하는 대신에 존재하는 주파수 오프셋에 의한 영향을 채널의 특성을 이용하지 않고 보상할 수 있는 인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 방법을 제공하는 데 있다.
- <18> 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 상기 인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 방법을 수행하는 인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 장치를 제공하는 데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<19> 상기 과제를 이루기 위해, 인터리브된 주파수 분할 다중 접속(IFDMA)에서 $u(1 \leq u \leq U)$ (여기서, U 는 사용자의 수를 나타낸다.)번째 사용자에게 대한 송신 신호와 수신 신호간의 주파수 오프셋을 보상하는 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 방법은, 초기 상태에서 상기 수신 신호로 결정되고 정상 상태에서 궤환 신호로 결정되는 선택 신호로부터 상기 주파수 오프셋을 추정하는 (a) 단계와, 상기 u 번째 사용자에게 대한 상기 수신 신호를 $i(1 \leq i \leq U-1)$ 번째 다른 사용자들에 대한 수신 신호들이 간섭한 정도를 나타내는 간섭량을 추정하는 (b) 단계와, 상기 수신 신호로부터 상기 추정된 간섭량을 감산하고, 상기 감산된 결과를 상기 궤환 신호로서 결정하는 (c) 단계와, 상기 (a), 상기 (b) 및 상기 (c) 단계들이 소정 횟수만큼 반복하여 수행되었는가를 판단하고, 상기 (a), 상기 (b) 및 상기 (c) 단계들이 상기 소정 횟수만큼 반복하여 수행되지 않았다고 판단되면 상기 (a) 단계로 진행하는 (d) 단계 및 상기 (a), 상기 (b) 및 상기 (c) 단계들이 상기 소정 횟수만큼 반복하여 수행되었다고 판단되면, 상기 (c) 단계에서 최종적으로 결정된 상기 궤환 신호와 상기 추정된 주파수 오프셋을 이용하여 상기 송신 신호를 추정하는 (e) 단계로 이루어지는 것이 바람직하다.

<20> 상기 다른 과제를 이루기 위해, 인터리브된 주파수 분할 다중 접속(IFDMA)에서 $u(1 \leq u \leq U)$ (여기서, U 는 사용자의 수를 나타낸다.)번째 사용자에게 대한 송신 신호와 수신 신호간의 주파수 오프셋을 보상하는 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 장치는, 제1 제어 신호에 응답하여 상기 수신 신호 또는 궤환 신호를 선택 신호로서 결정하고, 상기 선택 신호로부터 상기 주파수 오프셋을 추정하고, 상기 추정된 주파수 오프셋을 출력하는 주(main) 주파수 오프셋 추정부와, $i(1 \leq i \leq U-1)$ 번째 다른 사용자들에 대한 수신 신호

들이 상기 u 번째 사용자에게 대한 상기 수신 신호를 간섭하는 정도를 나타내는 간섭량을
 상기 다른 사용자에게 대한 상기 수신 신호들, 상기 선택 신호 및 상기 추정된 주파수
 오프셋으로부터 추정하고, 상기 추정된 간섭량을 출력하는 간섭량 추정부와, 상기 수신
 신호로부터 상기 추정된 간섭량을 감산하고, 상기 감산된 결과를 상기 궤환 신호로서 출
 렵하는 감산부와, 상기 주파수 오프셋 보상 장치의 상태를 분석한 결과에 응답하여 상기
 제1 제어 신호를 발생하고, 소정 기간이 경과되었는가를 검사하고 검사된 결과에 응답
 하여 제2 제어 신호를 출력하는 제어부 및 상기 제2 제어 신호에 응답하여, 상기 감산부
 로부터 최종적으로 입력한 상기 궤환 신호와 상기 추정된 주파수 오프셋으로부터 상기
 송신 신호를 추정하고, 상기 추정된 송신 신호를 출력하는 송신 신호 추정부로 구성되고
 , 상기 제2 제어 신호에 응답하여, 상기 주 주파수 오프셋 추정부, 상기 간섭량 추정부
 및 상기 감산부를 인에이블시키는 것이 바람직하다.

<21> 이하, 본 발명에 의한 인터리브된 주파수 분할 다중 접속(IFDMA)을 위한 주파수 오프셋 보상 방법을 첨부한 도면을 참조하여 다음과 같이 설명한다.

<22> 도 1은 본 발명에 의한 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 방법을 설명하기 위한 플로우차트로서, 주파수 오프셋과 간섭량을 추정하는 단계(제10 및 제12 단계들), 궤환 신호를 구하는 단계(제14 단계) 및 송신 신호를 추정하는 단계(제16 및 제18 단계들)로 이루어진다.

<23> 도 1에 도시된 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 방법은 IFDMA 통신에서 $u(1 \leq u \leq U)$ (여기서, U 는 사용자의 수를 나타낸다.)번째 사용자에게 대한 송신 신호와 수신 신호 간의 주파수 오프셋을 보상하면서 수신 신호로부터 송신 신호를 추정한다. 여기서, 송신 신호를 생성하기 위해 송신기에서 사용되는 송신 발진기(미도시)와 수신 신호를 생성하

기 위해 수신기에서 사용되는 수신 발진기(미도시) 사이의 오차로 인하여, 주파수 오프셋이 야기된다.

- <24> 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 방법은 먼저, 선택 신호로부터 u 번째 사용자에게 대한 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_u$)을 추정한다(제10 단계). 여기서, 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 방법이 수행되기 시작하는 초기 상태에서 수신 신호가 선택 신호로서 결정되고, 초기 상태가 경과한 정상 상태에서 레환 신호가 선택 신호로서 결정된다. 이와 같이 결정된 선택 신호로부터 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_u$)을 다음 수학적 식 1과 같이 추정할 수 있다.

<25> **【수학적 식 1】**
$$\hat{\epsilon}_u = \frac{\angle C_u}{2\pi}$$

- <26> 여기서, $|\hat{\epsilon}_u| < \frac{1}{2}$ 이고, C_u 는 상관값(Correlation)으로서 다음 수학적 식 2와 같다.

<27> **【수학적 식 2】**
$$C_u = \sum_{k=1}^{N_u-1} \widehat{z_{k+N}^{(u)[u]}} (\widehat{z_k^{(u)[u]}})^*$$

- <28> 여기서, N_u 는 u 번째 사용자가 사용하는 반송파의 개수를 나타내고, k 는 프레임에 포함된 다수개의 수신 신호들중에서 u 번째 사용자에게 대한 수신 신호가 위치하는 순번을 나타내며 $k=0, 1, \dots, N_u-1$ 이고, N 은 한 블록(block)을 이루는 칩(chip)의 개수를 나타내고, $\widehat{z_{k+N}^{(u)[u]}}$ 는 선택 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)를 N 만큼 지연한 결과를 나타내며, $(\widehat{z_k^{(u)[u]}})^*$ 는 선택 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)의 공액을 나타낸다. 이 때, 선택 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)는 초기 상태에서 다음 수학적 식 3과 같이 표현되는 u 번째 사용자에게 대한 수신 신호로서 결정된다.

<29> **【수학적 식 3】**
$$\mathbf{r}_k^{[u]} = \mathbf{z}_k^{(u)[u]} + \sum_{i=1, i \neq u}^U \mathbf{z}_k^{(i)[u]} + \mathbf{n}_k^{[u]}$$

<30> 여기서, $r_k^{[u]}$ 는 u 번째 사용자에게 대한 수신 신호를 나타내고, $n_k^{[u]}$ 는 수신 신호($r_k^{[u]}$)에 포함된 잡음 성분을 나타내고, $z_k^{(i)[u]}$ 는 u 번째 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[u]}$)를 $i(1 \leq i \leq U-1)$ 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호들이 간섭한 정도를 나타낸다.

<31> 제10 단계후에, u 번째 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[u]}$)를 i 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호들이 간섭한 정도를 나타내는 간섭량을 추정한다(제12 단계). 여기서, 다른 사용자들중 하나인 i 번째 다른 사용자가 u 번째 사용자를 간섭한 정도(multiple access interference)($\widehat{z_k^{(i)[u]}}$)는 다음 수학적 식 4와 같이 추정된다.

<32>

$$\widehat{z_k^{(i)[u]}} = \begin{cases} e^{j\pi[\Delta_u(2k/N-1/L_u) + \hat{\epsilon}_i(1/L_i-1/L_u)]} \frac{q_i \sin(\pi \hat{\epsilon}_i / L_i)}{L_i \sin[\pi(\Delta_{iu} + \hat{\epsilon}_i) / L_u]} \cdot \widehat{z_{k \% N_i}^{(i)[i]}}, & \text{for } N_i \leq N_u \\ e^{j\pi[\Delta_u(2k/N-1/L_u)]} \frac{q_i \sin(\pi \hat{\epsilon}_i / L_i)}{L_i \sin[\pi(\Delta_{iu} + \hat{\epsilon}_i) / L_i]} \cdot \sum_{l=0}^{M_u-1} e^{j2\pi(\Delta_u + \hat{\epsilon}_i)l/L_u} \widehat{z_{k+lN_u}^{(i)[i]}}, & \text{for } N_i > N_u \end{cases}$$

【수학적 식 4】

<33> 여기서, $\widehat{z_k^{(i)[u]}}$ 는 간섭한 정도($z_k^{(i)[u]}$)의 추정치를 나타내고, Δ_{iu} 는 $n_i - n_u$ 를 나타내고, n_i 는 i 번째 사용자에게 부여된 주파수 오프셋을 나타내며, n_u 는 u 번째 사용자에게 부여된 주파수 오프셋을 나타내고, L_u 는 u 번째 사용자를 위한 송신기에서 사용자 심볼을 반복한 횟수를 나타내고, L_i 는 i 번째 사용자를 위한 송신기에서 사용자 심볼을 반복한 횟수를 나타내고, $\hat{\epsilon}_i$ 는 i 번째 사용자에게 대한 주파수 오프셋을 나타내고, q_i 는 i 번째 블록의 초기 위상 오프셋을 나타내고, $k \% N_i$ 는 k 를 N_i 로 나누었을 때의 나머지를 나타내고, N_i 는 i 번째 사용자가 사용하는 반송파의 개수를 나타내고, $M_u = \frac{N_i}{N_u} = \frac{L_u}{L_i}$ 이다. 이

때, 주파수 오프셋들(n_i 및 n_u)은 본 발명에 의해 보상되는 주파수 오프셋과는 다른 오프셋이다.

<34> 따라서, U 개의 사용자에게 대한 수신 신호들중 u 번째 사용자에게 대한 수신 신호를 제외한 수신 신호들이 u 번째 사용자에게 대한 수신 신호를 간섭한 정도($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)들의 다음 수학적 식 5와 같이 표현되는 합이 간섭량으로서 결정될 수 있다.

<35> **【수학적 식 5】**
$$\sum_{i=1, i \neq u}^U \widehat{z_k^{(i)[u]}}$$

<36> 제12 단계후에, 수신 신호($r_k^{[u]}$)로부터 간섭량을 다음 수학적 식 6과 같이 감산하고, 감산된 결과를 전술한 바와 같이 정상 상태에서 선택 신호가 될 수 있는 궤환 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)로서 결정한다(제14 단계).

<37> **【수학적 식 6】**
$$\widehat{z_k^{(u)[u]}} = r_k^{[u]} - \sum_{i=1, i \neq u}^U \widehat{z_k^{(i)[u]}}$$

<38> 제14 단계후에, 제10, 제12 및 제14 단계들이 소정 횟수만큼 반복하여 수행되었는가를 판단한다(제16 단계). 여기서, 소정 횟수는 수신 신호 대 잡음비(SNR)의 감소율에 비례하여 결정된다. 즉, 수신 신호 대 잡음비가 감소할 수록 소정 횟수를 크게 설정될 수 있다.

<39> 만일, 제10, 제12 및 제14 단계들이 소정 횟수만큼 반복하여 수행되지 않았다고 판단되면, 제10 단계로 진행하여 제10 ~ 제14 단계들이 반복하여 수행된다. 여기서, 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 방법에서 제10 단계가 처음에 수행될 때 선택 신호는 수신 신호로서 결정되지만, 제10 단계가 반복적으로 재차 수행될 때는 선택 신호는 수신 신호가 아니라 궤환 신호로서 결정된다. 그러나, 제10, 제12 및 제14 단계들이 소정 횟

수만큼 반복하여 수행되었다고 판단되면, 제14 단계에서 최종적으로 결정된 궤환

신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)와 제10 단계에서 최종적으로 추정된 주파수 오프셋($\widehat{\epsilon_u}$)을 이용하여 송신
신호($y_k^{[u]}$)를 다음 수학식 7과 같이 추정하여, 추정된 송신 신호($\widehat{y_k^{[u]}}$)를 구한다(제18
단계).

<40>

$$\widehat{y_k^{[u]}} = e^{-j\pi[\Delta_u(2k/N-1/L_u)+1]} \frac{L_u \sin(\pi \widehat{\epsilon_u}/L_u)}{\widehat{q_u} \sin(\pi \widehat{\epsilon_u})} \widehat{z_k^{(u)[u]}}$$

【수학식 7】

<41> 여기서, q_u 는 u 번째 블록의 초기 위상 오프셋을 나타내고, $\widehat{q_u}$ 는 q_u 의 추정치를 나타낸다.

<42> 한편, 전술한 본 발명에 의한 인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 방법을 수행하는 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 장치를 갖는 IFDMA 통신 장치의 구성 및 동작을 첨부한 도면을 참조하여 다음과 같이 설명한다.

<43> 도 2는 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 장치를 갖는 IFDMA 통신 장치의 블록도로서, 첫 번째 ~ U 번째 사용자들에 대한 제1, ..., 제 u , ... 및 제 U 송신기들(30, ..., 32, ... 및 34), 제1, ..., 제 u , ... 및 제 U 채널들(40, ..., 42, ... 및 44), 합성기(46), 첫 번째 ~ U 번째 사용자들에 대한 제1, ..., 제 u , ... 및 제 U 수신기들(50, ..., 52, ... 및 54)로 구성된다.

<44> 도 2에 도시된 제1 송신기(30)는 L_1 반복부(60), 승산기(62), 제1 순환 접두부(CP: Cycle Prefix) 삽입부(64) 및 승산기(66)로 구성되고, 제 u 송신기(32)는 L_u 반복부(70), 승산기(72), 제 u 순환 접두부 삽입부(74) 및 승산기(76)로 구성되고, 제 U 송신기(34)는 L_U 반복부(80), 승산기(82), 제 U 순환 접두부 삽입부(84) 및 승산기(86)로 구성된다.

<45> 여기서, L_1 반복부(60)는 첫 번째 사용자에게 대한 사용자 심볼 $[a_k^{(1)}]$ 을 L_1 번 반복하여 승산기(62)로 출력하고, L_u 반복부(70)는 u 번째 사용자에게 대한 사용자 심볼 $[a_k^{(u)}]$ 을 L_u 번 반복하여 승산기(72)로 출력하고, L_U 반복부(80)는 U 번째 사용자에게 대한 사용자 심볼 $[a_k^{(U)}]$ 을 L_U 번 반복하여 승산기(82)로 출력하는 역할을 한다. 여기서, 사용자 심볼 $[a_k^{(1)}]$ 은 N_1 개의 쿼드러처 진폭 변조(QAM:Quadrature Amplitude Modulation) 인코딩된 신호로 구성되고, 사용자 심볼 $[a_k^{(u)}]$ 은 N_u 개의 쿼드러처 진폭 변조(QAM) 인코딩된 신호로 구성되고, 사용자 심볼 $[a_k^{(U)}]$ 은 N_U 개의 쿼드러처 진폭 변조(QAM) 인코딩된 신호로 구성된다.

<46> 이 때, 승산기들(62, 72 및 82)은 L_1 , L_u 및 L_U 번 반복부(60, 70 및 80)로부터 각각 출력되는 반복된 결과를 $\alpha_1 e^{\frac{j2\pi n_1 k}{N}}$, $\alpha_u e^{\frac{j2\pi n_u k}{N}}$ 및 $\alpha_U e^{\frac{j2\pi n_U k}{N}}$ 와 각각 승산하고, 승산된 결과들을 제1, 제 u 및 제 U CP 삽입부들(64, 74 및 84)로 각각 출력한다.

<47> 블럭간 간섭을 제거하는 역할을 하는 제1, 제 u 또는 제 U CP 삽입부(64, 74 또는 84)는 승산기(62, 72 또는 82)에서 승산된 결과의 앞에 순환 접두부(CP)를 삽입하고, 삽입된 결과를 승산기(66, 76 또는 86)로 각각 출력한다.

<48> 순환 접두부(CP)를 삽입한 결과를 무선 주파수(RF:Radio Frequency) 신호로 변환하기 위해, 승산기들(66, 76 및 86)은 제1, 제 u 및 제 U CP 삽입부들(64, 74 및 84)로부터 각각 출력되는 순환 접두부(CP)가 삽입된 결과들을 $e^{j2\pi f_0 t}$ 와 각각 승산하고, 승산된 결과들을 제1, ..., 제 u , ... 및 제 U 채널들(40, ..., 42, ... 및 44)로 각각 출력한다.

<49> 이 때, 제1, ... 제 u , ... 및 제 U 채널들(40, ..., 42, ... 및 44)을 통과한 송신 신호들 $[y_k^{(1)}, \dots, y_k^{(u)}, \dots$ 및 $y_k^{(U)}]$ 은 합성되고, 합성된 결과는 합성기(46)에서 잡음

과 더해진다. 여기서, 합성기(46)는 실제로 존재하지 않는 소자로서, 합성된 결과에 잡음이 포함됨을 개념적으로 설명하기 위해 도시되었다.

<50> 도 2에 도시된 제1 수신기(50)는 승산기(90), 제1 CP 제거부(92), 승산기(94), 제1 오버랩/가산(overlap/add)부(96), 주파수 오프셋 보상 장치(98) 및 제1 등화(equalization) 및 검사부(100)로 구성된다. 이와 비슷하게, 제u 수신기(52)는 승산기(110), 제u CP 제거부(112), 승산기(114), 제u 오버랩/가산부(116), 주파수 오프셋 보상 장치(118) 및 제u 등화 및 검사부(120)로 구성된다. 또한, 제U 수신기(54)는 승산기(130), 제U CP 제거부(132), 승산기(134), 제U 오버랩/가산부(136), 주파수 오프셋 보상 장치(138) 및 제U 등화 및 검사부(140)로 구성된다.

<51> 합성된 결과인 무선 주파수 신호를 기저 대역 신호로 변환하기 위해, 승산기들(90, 110 및 130)은 합성기(46)에서 합성된 결과를 $e^{-j2\pi \hat{f}_0 t}$ 와 승산하고, 승산된 결과를 제1, 제u 및 제U CP 제거부(92, 112 또는 132)로 각각 출력한다. 여기서, 송신 발진기에서 발생하는 주파수(f_0)와 수신 발진기에서 발생하는 주파수(\hat{f}_0)간의 차가 본 발명에 의해 보상되는 주파수 오프셋에 해당한다.

<52> 이 때, 제1, 제u 또는 제U CP 제거부(92, 112 또는 132)는 승산기(90, 110 또는 130)에서 승산된 결과로부터 순환 접두부(CP)를 제거하고, 순환 접두부(CP)가 제거된 결과를 승산기(94, 114 또는 134)로 출력한다. 승산기들(94, 114 및 134)은 제1, 제u 및 제U CP 제거부들(92, 112 및 132)로부터 출력되는 순환 접두부(CP)가 제거된 결과들을 $e^{\frac{-j2\pi n_1 k}{N}}$, $e^{\frac{-j2\pi n_u k}{N}}$ 및 $e^{\frac{-j2\pi n_U k}{N}}$ 과 각각 승산하고, 승산된 결과들을 제1, 제u 및 제U 오버랩/가산부들(96, 116 및 136)로 각각 출력한다.

<53> 이 때, 제1, 제 u 및 제 U 오버 랩/가산부들(96, 116 및 136)은 승산기들(94, 114 및 134)로부터 출력되는 승산된 결과를 N_1 , N_u 및 N_U 주기동안 오버 랩한후 더하여 주파수 오프셋 보상 장치들(98, 118 및 138)로 각각 출력한다. 예컨대, 제 u 오버 랩/가산부(116)로부터 전술한 수학식 3과 같은 수신 신호 $[r_k^{(u)}]$ 가 주파수 오프셋 보상 장치(118)로 출력될 수 있다.

<54> 도 2에 도시된 주파수 오프셋 보상 장치(98, 118 또는 138)는 도 1에 도시된 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 방법을 수행하여 송신 신호 $[y_k^{(1)}, y_k^{(u)} \text{ 또는 } y_k^{(U)}]$ 를 추정하고, 추정된 송신 신호 $[\hat{y}_k^{(1)}, \hat{y}_k^{(u)} \text{ 또는 } \hat{y}_k^{(U)}]$ 를 제1, 제 u 또는 제 U 등화 및 검사부(100, 120 또는 130)로 각각 출력한다.

<55> 제1, 제 u 및 제 U 등화 및 검사부들(100, 120 및 130)은 주파수 오프셋 보상 장치들(98, 118 및 138)로부터 출력되며 채널의 영향으로 인해 발생한 심볼간 간섭(ISI: Inter Symbol Interference)을 갖는 추정된 송신 신호들 $[\hat{y}_k^{(1)}, \hat{y}_k^{(u)} \text{ 및 } \hat{y}_k^{(U)}]$ 을 등화시켜 ISI를 제거시키고 사용자 심볼들 $[a_k^{(1)}, a_k^{(u)} \text{ 및 } a_k^{(U)}]$ 을 각각 추정하고, 추정된 사용자 심볼들 $[\hat{a}_k^{(1)}, \hat{a}_k^{(u)} \text{ 및 } \hat{a}_k^{(U)}]$ 을 출력한다.

<56> 이하, 전술한 인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 방법을 수행하는 본 발명에 의한 인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 장치(118)의 구성 및 동작을 첨부한 도면들을 참조하여 다음과 같이 설명한다. 이 때, 도 2에 도시된 주파수 오프셋 보상 장치들(98 및 138) 각각은 주파수 오프셋 보상 장치(118)와 동일한 구성을 갖고 동일한 동작을 수행한다.

<57> 도 3은 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 장치의 블록도로서, 주(main) 주파수 오프셋 추정부(160), 간섭량 추정부(162), 감산부(164), 송신 신호 추정부(166) 및 제어부(168)로 구성된다.

<58> 도 1에 도시된 제10 단계를 수행하기 위해, 도 3에 도시된 주 주파수 오프셋 추정부(160)는 제어부(168)로부터 입력한 제1 제어 신호(C1)에 응답하여 수신 신호($r_k^{[u]}$) 또는 궤환 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)를 선택 신호로서 결정하고, 선택 신호로부터 u번째 사용자에게 대한 주파수 오프셋($\widehat{\varepsilon_u}$)을 전술한 수학적 식 1과 같이 추정하며, 추정된 주파수 오프셋($\widehat{\varepsilon_u}$)을 간섭량 추정부(162) 및 송신 신호 추정부(166)로 각각 출력한다. 이를 위해, 제어부(168)는 도 3에 도시된 주파수 오프셋 보상 장치의 상태를 분석한 결과에 응답하여 제1 제어 신호(C1)를 발생하고, 발생한 제1 제어 신호(C1)를 주 주파수 오프셋 추정부(160)로 출력한다. 예컨대, 제어부(168)는 도 3에 도시된 주파수 오프셋 보상 장치가 전술한 초기 상태일 때 수신 신호($r_k^{[u]}$)를 선택 신호로서 결정하고, 주파수 오프셋 보상 장치가 전술한 정상 상태일 때 궤환 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)를 선택 신호로서 결정하도록 제1 제어 신호(C1)를 발생하여 주 주파수 오프셋 추정부(160)로 출력한다.

<59> 도 4는 도 3에 도시된 주 주파수 오프셋 추정부(160)의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예(160A)의 블록도로서, 제1 선택부(180), 제1 지연부(182), 제1 공액 계산부(184), 제1 승산부(186) 및 제1 오프셋 계산부(188)로 구성된다.

<60> 도 4에 도시된 주 주파수 오프셋 추정부(160A)의 제1 선택부(180)는 감산부(164)로부터 입력한 궤환 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)와 외부로부터 입력한 수신 신호($r_k^{[u]}$)중 하나를 제어부(168)로부터 입력한 제1 제어 신호(C1)에 응답하여 선택하고, 선택된 결과를 선택 신호로서 제1 지연부(182) 및 제1 공액 계산부(184)로 각각 출력하는 한편 출력단자 OUT2를

통해 출력한다. 예컨대, 제어부(168)로부터 입력한 제1 제어 신호(C1)를 통해 도 3에 도시된 주파수 오프셋 보상 장치의 상태가 초기 상태일 때 제1 선택부(180)는 외부로부터 입력한 수신 신호($r_k^{[u]}$)를 선택 신호로서 결정하여 출력하고, 제1 제어 신호(C1)를 통해 도 3에 도시된 주파수 오프셋 보상 장치가 정상 상태일 때 제1 선택부(180)는 감산부(164)로부터 입력한 궤환 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)를 선택 신호로서 결정하여 출력한다.

<61> 제1 지연부(182)는 제1 선택부(180)로부터 입력한 선택 신호를 단위 블럭(N) 만큼 지연하고, 지연된 선택 신호를 제1 승산부(186)로 출력한다. 이 때, 제1 공액 계산부(184)는 제1 선택부(180)로부터 입력한 선택 신호의 공액을 계산하고, 계산된 선택 신호의 공액을 제1 승산부(186)로 출력한다.

<62> 제1 승산부(186)는 제1 공액 계산부(184)로부터 입력한 선택 신호의 공액과 제1 지연부(182)로부터 입력한 지연된 선택 신호를 승산하고, 승산된 결과를 제1 오프셋 계산부(188)로 출력한다.

<63> 제1 오프셋 계산부(188)는 제1 승산부(186)로부터 입력한 승산된 결과를 u번째 사용자가 사용하는 반송파의 개수(N_u)보다 하나 적은(N_u-1) 만큼 누적하고, 누적된 결과의 각도($\angle C_u$)를 구하며, 각도($\angle C_u$)를 소정수 예를 들면 $1/2\pi$ 로 전술한 수학식 1과 같이 제산하며, 제산된 결과를 추정된 주파수 오프셋($\widehat{\epsilon_u}$)으로서 출력한다.

<64> 도 4에 도시된 제1 선택부(180), 제1 지연부(182), 제1 공액 계산부(184), 제1 승산부(186) 및 제1 오프셋 계산부(188)는 제어부(168)로부터 출력되는 제2 제어 신호(C2)에 응답하여 인에이블된다. 이 때, 도 1에 도시된 제16 단계를 수행하기 위해, 제어부(168)는 소정 기간이 경과되었는가를 검사하고 검사된 결과에 응답하여 제2 제어 신호(C2)를 출력한다. 여기서, 소정 기간이 경과되었다는 것은 제10 ~ 제14 단계들이 소정

횟수만큼 반복하여 수행되었다는 것을 의미한다. 결국, 제2 제어 신호(C2)를 통해 소정 기간이 경과되지 않았다고 인식될 때, 제1 선택부(180), 제1 지연부(182), 제1 공액 계산부(184), 제1 승산부(186) 및 제1 오프셋 계산부(188)는 인에이블된다.

<65> 제12 단계를 수행하기 위해, 간섭량 추정부(162)는 i 번째 다른 사용자들에 대한 수신 신호들($r_k^{[1]}, \dots, r_k^{[u-1]}, r_k^{[u+1]}, \dots$ 및 $r_k^{[U]}$)이 u 번째 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[u]}$)를 간섭한 정도를 나타내는 전술한 수학적 식 5와 같은 간섭량을 다른 사용자들에 대한 수신 신호들($r_k^{[1]}, \dots, r_k^{[u-1]}, r_k^{[u+1]}, \dots$ 및 $r_k^{[U]}$), 도 4에 도시된 제1 선택부(180)로부터 출력되는 선택 신호 및 추정된 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_u$)으로부터 추정하고, 추정된 간섭량을 감산부(164)로 출력한다.

<66> 제14 단계를 수행하기 위해, 감산부(164)는 수신 신호($r_k^{[u]}$)로부터 추정된 간섭량을 수학적 식 6과 같이 감산하고, 감산된 결과를 제환 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)로서 주 주파수 오프셋 추정부(160) 및 송신 신호 추정부(166)로 각각 출력한다.

<67> 제18 단계를 수행하기 위해, 송신 신호 추정부(166)는 제어부(168)로부터 발생하는 제2 제어 신호(C2)에 응답하여, 감산부(164)로부터 최종적으로 입력한 제환 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)와 주 주파수 오프셋 추정부(160)로부터 입력한 추정된 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_u$)으로부터 송신 신호를 전술한 수학적 식 7과 같이 추정하고, 추정된 송신 신호($\widehat{y_k^{[u]}}$)를 출력단자 OUT1을 통해 출력한다. 예컨대, 제2 제어 신호(C2)를 통해 소정 기간이 경과되었다고 인식되면, 송신 신호 추정부(166)는 송신 신호($\widehat{y_k^{[u]}}$)를 추정하는 동작을 수행한다. 이 때, 전술한 간섭량 추정부(162) 및 감산부(164) 역시 제어부(168)로부터 발생하는 제2 제어 신호(C2)에 응답하여 동작한다. 즉, 제2 제어 신호(C2)를 통해 소정 기간이 경과되었다고 인식되면, 간섭량 추정부(162) 및 감산부(164)는 인에이블된다.

<68> 이하, 도 3에 도시된 간섭량 추정부(162) 및 송신 신호 추정부(166)의 본 발명에 의한 바람직한 실시예들 각각의 구성 및 동작을 첨부된 도면들을 참조하여 다음과 같이 살펴본다.

<69> 도 5는 도 3에 도시된 송신 신호 추정부(166)의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예(166A)의 블록도로서, 제1 이득 계산부(190), 반전부(192) 및 제2 승산부(194)로 구성된다.

<70> 도 5에 도시된 송신 신호 추정부(166A)의 제1 이득 계산부(190)는 주 주파수 오프셋 추정부(160)로부터 입력한 추정된 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_u$)으로부터 다음 수학식 8과 같은 이득을 계산하고, 계산된 결과를 제1 이득으로서 반전부(192)로 출력한다.

<71>
$$-e^{-j\pi[\Delta_u(2k/N-1/L_u)+1]} \frac{L_u \sin(\pi \hat{\epsilon}_u / L_u)}{\hat{q}_u \sin(\pi \hat{\epsilon}_u)}$$

 【수학식 8】

<72> 이 때, 반전부(192)는 제1 이득 계산부(190)로부터 입력한 제1 이득을 반전하고, 반전된 결과를 제2 승산부(194)로 출력한다. 제2 승산부(194)는 반전부(192)에서 반전된 제1 이득과 감산부(164)로부터 최종적으로 입력한 궤환 신호($\hat{z}_k^{(u)[u]}$)를 승산하고, 승산된 결과를 추정된 송신 신호($\hat{y}_k^{[u]}$)로서 출력한다.

<73> 도 5에 도시된 제1 이득 계산부(190), 반전부(192) 및 제2 승산부(194)는 제어부(168)로부터 입력한 제2 제어 신호(C2)에 응답하여 인에이블된다. 예컨대, 제2 제어 신호(C2)를 통해 소정 기간이 경과되었다고 인식될 때, 제1 이득 계산부(190), 반전부(192) 및 제2 승산부(194)는 인에이블된다.

<74> 도 6은 도 3에 도시된 간섭량 추정부(162)의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예(162A)의 블록도로서, 제1, ..., 제i, ... 및 제U-1 종(sub) 주파수 오프셋 추정부들

(200, ..., 202, ... 및 204), 제1, ..., 제i, ... 및 제U-1 정도 추정부들(210, ..., 212, ... 및 214), 합성부(216) 및 궤환 신호 생성부(218)로 구성된다.

<75> 도 6에 도시된 제1, ..., 제i, ... 및 제U-1 중 주파수 오프셋 추정부들(200, ..., 202, ... 및 204)중 하나인 제i 중 주파수 오프셋 추정부(202)는 제어부(168)로부터 입력한 제1 제어 신호(C1)에 응답하여 i번째 다른 사용자에게 대한 궤환 신호($z_k^{(i)}[i]$) 또는 i번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[i]}$)를 선택하고, 선택된 결과로부터 i번째 다른 사용자에게 대한 주파수 오프셋을 추정하고, 추정된 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_i$)을 제i 정도 추정부(212)로 출력한다. 이 때, 주파수 오프셋은 전술한 수학식들 1 및 2와 같이 구해진다. 이 경우, 수학식들 1 및 2에서 u를 i로 치환하면 된다.

<76> 예컨대, 제1 중 주파수 오프셋 추정부(200)는 제어부(168)로부터 입력한 제1 제어 신호(C1)에 응답하여 첫 번째 다른 사용자에게 대한 궤환 신호($z_k^{(1)}[1]$) 또는 첫 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[1]}$)를 선택하고, 선택된 결과로부터 첫 번째 다른 사용자에게 대한 주파수 오프셋을 추정하고, 추정된 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_1$)을 제1 정도 추정부(210)로 출력한다. 이와 비슷하게, 제U-1 중 주파수 오프셋 추정부(204)는 제어부(168)로부터 입력한 제1 제어 신호(C1)에 응답하여 U-1번째 사용자에게 대한 궤환 신호($z_k^{(U-1)}[U-1]$) 또는 U-1번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[U-1]}$)를 선택하고, 선택된 결과로부터 U-1번째 다른 사용자에게 대한 주파수 오프셋을 추정하고, 추정된 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_{U-1}$)을 제U-1 정도 추정부(214)로 출력한다.

<77> 도 7은 도 6에 도시된 제i 중 주파수 오프셋 추정부(202)의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예(202A)의 블록도로서, 제2 선택부(230), 제2 지연부(232), 제2 공액 계산부(234), 제3 승산부(236) 및 제2 오프셋 계산부(238)로 구성된다.

<78> 도 7에 도시된 제2 선택부(230)는 i 번째 다른 사용자에게 대한 궤환 신호($z_k^{(i)[i]}$) 또는 외부로부터 입력한 i 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[i]}$)중 하나를 제1 제어 신호(C1)에 응답하여 선택하고, 선택된 결과를 제2 지연부(232) 및 제2 공액 계산부(234)로 각각 출력하는 한편 출력단자 OUT5를 통해 제 i 정도 추정부(212)로도 출력한다. 예컨대, 제1 제어 신호(C1)를 통해 주파수 오프셋 보상 장치가 초기 상태인 것으로 인식되면, 제2 선택부(230)는 i 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[i]}$)를 선택한다. 그러나, 제1 제어 신호(C1)를 통해 주파수 오프셋 보상 장치가 정상 상태인 것으로 인식되면, 제2 선택부(230)는 i 번째 다른 사용자에게 대한 궤환 신호($z_k^{(i)[i]}$)를 선택한다.

<79> 제2 지연부(232)는 제2 선택부(230)로부터 입력한 선택된 결과를 단위 블럭(N) 만큼 지연하고, 지연된 결과를 제3 승산부(236)로 출력한다. 제2 공액 계산부(234)는 제2 선택부(230)로부터 입력한 선택된 결과의 공액을 계산하고, 계산된 결과를 제3 승산부(236)로 출력한다. 제3 승산부(236)는 제2 공액 계산부(234)로부터 입력한 계산된 결과와 제2 지연부(232)로부터 입력한 지연된 결과를 승산하고, 승산된 결과를 제2 오프셋 계산부(238)로 출력한다.

<80> 제2 오프셋 계산부(238)는 제3 승산부(236)로부터 입력한 승산된 결과를 i 번째 다른 사용자가 사용하는 반송파의 개수(N_i)보다 하나 적은(N_i-1) 만큼 누적하고, 누적된 결과의 각도($\angle C_i$)를 구하며, 각도($\angle C_i$)를 소정수 예를 들면 $1/2\pi$ 로 제산하며, 제산된 결과를 i 번째 다른 사용자에게 대한 추정된 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_i$)으로서 출력한다.

<81> 한편, 도 6에 도시된 제1, ..., 제 i , ... 및 제 $U-1$ 정도 추정부들(210, ..., 212, ... 및 214)은 제1, ..., 제 i , ... 및 제 $U-1$ (간접한) 정도들을 각각 추정하고, 추정된

제1, ..., 제i, ... 및 제U-1 정도들($\hat{z}_k^{(1)[u]}$, ..., $\hat{z}_k^{(i)[u]}$, ... 및 $\hat{z}_k^{(U-1)[u]}$)을 합성부(216) 및 복환 신호 생성부(218)로 각각 출력한다. 예컨대, 제1, ..., 제i, ... 및 제U-1 정도 추정부들(210, ..., 212, ... 및 214)중 하나인 제i 정도 추정부(212)는 u번째 사용자에 대한 수신 신호($r_k^{[u]}$)를 i번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[i]}$)가 간섭한 정도에 해당하는 제i 정도($\hat{z}_k^{(i)[u]}$)를 제i 번째 다른 사용자에게 대한 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_i$)과 제i 종 주파수 오프셋 추정부(202)에서 선택된 결과 예를 들면 도 7에 도시된 제i 종 주파수 오프셋 추정부(202A)의 제2 선택부(230)로부터 출력단자 OUT5를 통해 출력되는 선택된 결과로부터 추정하고, 추정된 결과($\hat{z}_k^{(i)[u]}$)를 합성부(216) 및 복환 신호 생성부(218)로 출력한다. 이와 비슷하게, 제1 정도 추정부(210)는 u 번째 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[u]}$)를 첫 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[1]}$)가 간섭한 정도에 해당하는 제1 정도($\hat{z}_k^{(1)[u]}$)를 첫 번째 다른 사용자에게 대한 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_1$)과 제1 종 주파수 오프셋 추정부(200)에서 선택된 결과로부터 추정하고, 추정된 결과($\hat{z}_k^{(1)[u]}$)를 합성부(216) 및 복환 신호 생성부(218)로 출력한다. 또한, 제U-1 정도 추정부(214)는 u 번째 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[u]}$)를 U-1 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[U-1]}$)가 간섭한 정도에 해당하는 제U-1 정도($\hat{z}_k^{(U-1)[u]}$)를 U-1 번째 다른 사용자에게 대한 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_{U-1}$)과 제U-1 종 주파수 오프셋 추정부(204)에서 선택된 결과로부터 추정하고, 추정된 결과($\hat{z}_k^{(U-1)[u]}$)를 합성부(216) 및 복환 신호 생성부(218)로 출력한다.

<82> 도 8은 도 6에 도시된 제i 정도 추정부(212)의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예(212A)의 블록도로서, 비교부(250), 신호 신장 및 축소부(252), 제2 이득 계산부(254),

제3 이득 계산부(256), 제4 및 제5 승산부들(258 및 260) 및 제3 선택부(262)로 구성된다.

<83> 비교부(250)는 i 번째 다른 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_i)와 u 번째 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_u)를 비교하고, 비교된 결과를 제3 선택부(262) 및 신호 신장 및 축소부(252)로 각각 출력한다. 이 때, 신호 신장 및 축소부(252)는 제2 선택부(230)로부터 입력단자 IN3을 통해 입력한 선택된 결과의 길이를 비교부(250)로부터 입력한 비교된 결과에 응답하여 신장하거나 축소한다. 예컨대, 비교부(250)로부터 입력한 비교된 결과를 통해 i 번째 다른 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_i)가 u 번째 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_u) 이하인 것으로 인식되면, 신호 신장 및 축소부(252)는 제2 선택부(230)로부터 입력한 선택된 결과($\widehat{z_k^{(i)[i]}}$)의 길이를 다음 수학식 9와 같이 신장하고, 신장한 결과를 제4 승산부(258)로 출력한다.

<84> **【수학식 9】** $\widehat{z_{k \% N_i}^{(i)[i]}}$

<85> 그러나, 비교부(250)로부터 입력한 비교된 결과를 통해 i 번째 다른 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_i)가 u 번째 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_u) 보다 큰 것으로 인식되면, 신호 신장 및 축소부(252)는 제2 선택부(230)로부터 입력한 선택된 결과($\widehat{z_k^{(i)[i]}}$)의 길이를 다음 수학식 10과 같이 축소하고, 축소한 결과를 제5 승산부(260)로 출력한다.

<86> **【수학식 10】** $\sum_{l=0}^{M_u-1} e^{j2\pi(\Delta_u + \varepsilon_l)lL_u} \widehat{z_{k+1N_u}^{(i)[i]}}$

<87> 제2 이득 계산부(254)는 제i 중 주파수 오프셋 추정부(202)로부터 입력한 제i 번째 다른 사용자에게 대한 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_i$)으로부터 이득을 다음 수학식 11과 같이 계산하고, 계산된 결과를 제2 이득으로서 제4 승산부(258)로 출력한다.

<88>

$$e^{j\pi[\Delta_{iu}(2k/N-1/L_u)+\hat{\epsilon}_i(1/L_i-1/L_u)]} \frac{q_i \sin(\pi \hat{\epsilon}_i / L_i)}{L_i \sin[\pi(\Delta_{iu} + \hat{\epsilon}_i) / L_u]}$$

【수학식 11】

<89> 제3 이득 계산부(260)는 제i 중 주파수 오프셋 추정부(202)로부터 입력한 제i 번째 다른 사용자에게 대한 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_i$)으로부터 이득을 다음 수학식 12와 같이 계산하고, 계산된 결과를 제3 이득으로서 제5 승산부(260)로 출력한다.

<90>

$$e^{j\pi[\Delta_{iu}(2k/N-1/L_u)]} \frac{q_i \sin(\pi \hat{\epsilon}_i / L_i)}{L_i \sin[\pi(\Delta_{iu} + \hat{\epsilon}_i) / L_i]}$$

【수학식 12】

<91> 제4 승산부(258)는 신호 신장 및 축소부(252)로부터 입력한 $\hat{z}_k^{(i)N}$ 의 길이를 신장한 결과와 제2 이득 계산부(254)로부터 입력한 제2 이득을 승산하고, 승산된 결과를 제3 선택부(262)로 출력한다. 제5 승산부(260)는 신호 신장 및 축소부(252)로부터 입력한 $\hat{z}_k^{(i)N}$ 의 길이를 축소된 결과와 제3 이득 계산부(256)로부터 입력한 제3 이득을 승산하고, 승산된 결과를 제3 선택부(262)로 출력한다.

<92> 제3 선택부(262)는 제4 및 제5 승산부들(258 및 260)로부터 입력한 승산된 결과들 중 하나를 비교부(250)로부터 입력한 비교된 결과에 응답하여 선택하고, 선택된 결과를 제i 정도($\hat{z}_k^{(i)N}$)로서 출력한다. 예컨대, 비교부(250)에서 비교된 결과를 통해 i번째 다른 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_i)가 u번째 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_u) 이하인 것으로 인식되면, 제3 선택부(262)는 제4 승산부(258)에서 승산된 결과를 선택한다. 그러나, 비교부(250)에서 비교된 결과를 통해 i번째 다른 사용자가 사용하는 부

반송파의 개수(N_i)가 u 번째 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_u) 보다 큰 것으로 인식되면, 제3 선택부(262)는 제5 승산부(260)에서 승산된 결과를 선택한다.

<93> 한편, 도 6에 도시된 합성부(216)는 제1, ..., 제 i , ... 및 제 $U-1$ 정도 추정부들(210, ..., 212, ... 및 214)로부터 출력되는 제1, ..., 제 i , ... 및 제 $U-1$ 정도들을 합성하고, 합성된 결과를 전술한 수학식 5와 같이 표현되는 간섭량으로서 출력단자 OUT4를 통해 출력한다.

<94> 도 6에 도시된 궤환 신호 생성부(218)는 입력단자 IN1을 통해 입력한 제1 이득과 입력단자 IN2를 통해 입력한 선택 신호, 제1, ..., 제 i , ... 및 제 $U-1$ 정도 추정부들(210, ..., 212, ... 및 214)로부터 입력한 제1, ..., 제 i , ... 및 제 $U-1$ 정도들 및 다른 사용자들에 대한 수신 신호들($r_k^{[1]}$, ..., $r_k^{[i]}$, ... 및 $r_k^{[U-1]}$)로부터 제1, ..., 제 i , ... 및 제 $U-1$ 중 주파수 오프셋 추정부들(200, ..., 202, ... 및 204)에서 사용되는 궤환 신호들($z_k^{(1)[1]}$, ..., $z_k^{(i)[i]}$, ... 및 $z_k^{(U-1)[U-1]}$)을 생성한다.

<95> 도 9는 도 6에 도시된 궤환 신호 생성부(218)의 본 발명에 의한 바람직한 일 실시예(218A)의 블록도로서, 제1, ..., 제 i , ... 및 제 $U-1$ 감산기들(280, ..., 282, ... 및 284) 및 제6 승산부(286)로 구성된다.

<96> 본 발명의 일 실시예에 의하면, 도 9에 도시된 궤환 신호 생성부(218A)는 제6 승산부(286)를 마련하여 도 5에 도시된 송신 신호 추정부(166A)의 제1 이득 계산부(190)로부터 출력단자 OUT3을 통해 출력되는 제1 이득을 입력단자 IN4를 통해 입력하고, 주 주파수 오프셋 추정부(160A)의 제1 선택부(180)로부터 출력단자 OUT2를 통해 출력되는 선택 신호를 입력단자 IN5를 통해 입력하며, 입력한 제1 이득과 선택 신호를 승산하고, 승산

된 결과를 제1, ..., 제i, ... 및 제U-1 감산기들(280, ..., 282, ... 및 284)로 각각 출력할 수 있다.

<97> 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 도 9에 도시된 궤환 신호 생성부(218A)는 이득 생성기(미도시)를 더 마련할 수 도 있다. 이 경우, 이득 생성기는 주 주파수 오프셋 추정부(160)로부터 입력단자 IN1을 통해 입력한 추정된 주파수 오프셋($\hat{\epsilon}_u$)을 입력하여 제1 이득을 전술한 수학식 8과 같이 계산할 수 있다. 이 때, 제6 승산부(286)는 입력단자 IN4를 통해 송신 신호 추정부(166A)로부터 제1 이득을 입력하는 대신에 이득 생성부에서 생성된 제1 이득을 입력하고, 입력한 제1 이득을 입력단자 IN5를 통해 입력한 선택 신호와 승산한다.

<98> 제1 감산기(280)는 첫 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[1]}$)로부터 제1 ~ 제U-1 정도들중 제1 정도를 제외한 정도들($\widehat{z_k^{(2)[1]}}$, ..., $\widehat{z_k^{(i-1)[u]}}$, $\widehat{z_k^{(i)[u]}}$, $\widehat{z_k^{(i+1)[u]}}$, ..., $\widehat{z_k^{(U-2)[u]}}$ 및 $\widehat{z_k^{(U-1)[u]}}$)과 제6 승산부(286)에서 승산된 결과를 감산하고, 감산된 결과를 제1 중 주파수 오프셋 추정부(200)에서 사용되는 궤환 신호($z_k^{(1)[1]}$)로서 출력단자 OUT6을 통해 출력한다.

<99> 제1, ..., 제i, ... 및 제U-1 감산기들(280, ..., 282, ... 및 284)중 하나인 제i 감산기(282)는 제i 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[i]}$)로부터 제1 ~ 제U-1 정도들중 제i 정도를 제외한 정도들($\widehat{z_k^{(1)[1]}}$, $\widehat{z_k^{(2)[1]}}$, ..., $\widehat{z_k^{(i-1)[u]}}$, $\widehat{z_k^{(i+1)[u]}}$, ..., $\widehat{z_k^{(U-2)[u]}}$ 및 $\widehat{z_k^{(U-1)[u]}}$)과 제6 승산부(286)에서 승산된 결과를 감산하고, 감산된 결과를 제i 중 주파수 오프셋 추정부(202)에서 사용되는 궤환 신호($z_k^{(i)[i]}$)로서 출력단자 OUT7을 통해 출력한다

<100> 제U-1 감산기(284)는 U-1 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호($r_k^{[U-1]}$)로부터 제1 ~ 제U-1 정도들중 제U-1 정도를 제외한 정도들($\widehat{z_k^{(1)[U]}}$, $\widehat{z_k^{(2)[U]}}$, ..., $\widehat{z_k^{(i-1)[U]}}$, $\widehat{z_k^{(i)[U]}}$, $\widehat{z_k^{(i+1)[U]}}$... 및 $\widehat{z_k^{(U-2)[U]}}$)과 제6 승산부(286)에서 승산된 결과를 감산하고, 감산된 결과를 제U-1 종 주파수 오프셋 추정부(204)에서 사용되는 레환 신호($z_k^{(U-1)[U-1]}$)로서 출력단자 OUT8을 통해 출력한다.

<101> 이하, 전술한 본 발명에 의한 인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 방법 및 장치의 이해를 돕기 위해, $U=8$ 이고 각 사용자는 32개의 부 반송파를 사용한다고 가정한다. 또한, 각 부 반송파는 쿼드러처 위상 쉬프트 키잉 (QPSK:Quadrature Phase Shift Keying)을 사용하며 모든 사용자의 주파수 오프셋은 동일하고 채널은 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN:Additive White Gaussian Noise)이라고 가정한다.

<102> 도 10은 주파수 오프셋을 갖지 않은 이상적인 수신 신호의 성상(constellation)을 나타내는 도면으로서, 종축은 쿼드러처(Q:Quadrature)를 나타내고, 횡축은 인 페이즈(I:In phase)를 나타낸다.

<103> 도 10을 참조하면, I와 Q의 좌표상에서 수신 신호를 나타내는 점들 $[(-1,-1), (1,-1), (-1, 1) \text{ 및 } (1,1)]$ 각각은 원형으로 퍼진 형태를 띈다. 이는 채널을 통해 들어온 잡음의 영향 때문이다.

<104> 도 11은 주파수 오프셋이 부 반송파들간에 간격의 3%일 때 수신 신호의 성상을 나타내는 도면이다.

- <105> 도 12는 도 11에 도시된 성상에 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 방법 및 장치를 적용할 때 보여질 수 있는 수신 신호의 성상을 나타내는 도면이다.
- <106> 도 11을 참조하면, 주파수 오프셋의 영향 및 사용자들간의 간섭으로 성상은 원형으로 표시된다. 이러한 원형의 성상에 본 발명에 의한 주파수 오프셋 보상 방법 및 장치를 적용할 경우, 도 10에 도시된 성상과 비교할 때 점의 주변으로 퍼진 정도가 조금 증가하였을 뿐이며 도 12에 도시된 바와 같은 원형은 제거되었음을 알 수 있다.
- <107> 또한, 전송한 소정 횟수와 수신 신호대 잡음비(SNR)와 비트 에러율(BER:Bit Error Rate)간의 관계를 다음과 같이 살펴본다.
- <108> 도 13은 주파수 오프셋에 따른 SNR의 변화를 나타내는 그래프로서, 횡축은 주파수 오프셋을 나타내고 종축은 SNR을 각각 나타낸다.
- <109> 도 14는 주파수 오프셋에 따른 BER의 변화를 나타내는 그래프로서, 횡축은 주파수 오프셋을 나타내고 종축은 BER을 각각 나타낸다.
- <110> 도 13 및 도 14에서, 'No Op'는 주파수 오프셋을 보상하지 않았을 때의 SNR을 나타내고, 'Iter 0'은 제10 ~ 제14 단계들을 반복하여 수행하지 않았을 때의 SNR을 나타내고, 'Iter 1'은 소정 횟수=1일 때의 SNR을 나타내고, 'Iter 2'은 소정 횟수=2일 때의 SNR을 나타내고, 'Iter 3'은 소정 횟수=3일 때의 SNR을 나타내고, 'Iter 4'는 소정 횟수=4일 때의 SNR을 나타내고, 'Iter 5'는 소정 횟수=5일 때의 SNR을 나타낸다.
- <111> 도 13을 통해 알 수 있듯이, 소정 횟수를 증가함에 따라 SNR이 급격히 개선됨을 알 수 있다. 특히, 'No Op'와 'Iter 1'을 비교하면, 주파수 오프셋이 부 반송파들간의 간격의 10%일 때, 주파수 오프셋을 보상하면 12dB 정도의 SNR이 개선됨을 알 수 있다. 따라

서, 주파수 오프셋이 클 경우 소정 횟수를 증가시키면 SNR이 향상될 수 있다. 도 14를 통해 알 수 있듯이, 주파수 오프셋이 커지면 10^{-6} 정도의 BER을 얻기 위해 소정 횟수를 늘려야 한다.

【발명의 효과】

<112> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 의한 인터리브된 주파수 분할 다중 접속을 위한 주파수 오프셋 보상 방법 및 장치는 주파수 오프셋을 제거하는 아날로그 RF/IF 단을 사용하는 종래와 달리 주파수 오프셋을 제거하는 대신에 존재하는 주파수 오프셋으로 인한 수신 신호의 진폭 및 위상의 왜곡들 뿐만 아니라 사용자들간의 간섭을 기저 대역에서 제거할 수 있기 때문에 회로 설계 및 구현 비용을 저렴하게 하고, 채널의 특성을 추정하기 전에 주파수 오프셋을 보상할 수 있는 효과를 갖는다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

인터리브된 주파수 분할 다중 접속(IFDMA)에서 $u(1 \leq u \leq U)$ (여기서, U 는 사용자의 수를 나타낸다.)번째 사용자에게 대한 송신 신호와 수신 신호간의 주파수 오프셋을 보상하는 주파수 오프셋 보상 방법에 있어서,

(a) 초기 상태에서 상기 수신 신호로 결정되고 정상 상태에서 궤환 신호로 결정되는 선택 신호로부터 상기 주파수 오프셋을 추정하는 단계;

(b) 상기 u 번째 사용자에게 대한 상기 수신 신호를 $i(1 \leq i \leq U-1)$ 번째 다른 사용자들에 대한 수신 신호들이 간섭한 정도를 나타내는 간섭량을 추정하는 단계;

(c) 상기 수신 신호로부터 상기 추정된 간섭량을 감산하고, 상기 감산된 결과를 상기 궤환 신호로서 결정하는 단계;

(d) 상기 (a), 상기 (b) 및 상기 (c) 단계들이 소정 횟수만큼 반복하여 수행되었는가를 판단하고, 상기 (a), 상기 (b) 및 상기 (c) 단계들이 상기 소정 횟수만큼 반복하여 수행되지 않았다고 판단되면 상기 (a) 단계로 진행하는 단계; 및

(e) 상기 (a), 상기 (b) 및 상기 (c) 단계들이 상기 소정 횟수만큼 반복하여 수행되었다고 판단되면, 상기 (c) 단계에서 최종적으로 결정된 상기 궤환 신호와 상기 추정된 주파수 오프셋을 이용하여 상기 송신 신호를 추정하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 방법.

【청구항 2】

제1 항에 있어서, 상기 (a) 단계는

상기 선택 신호로부터 상기 주파수 오프셋을 다음과 같이 추정하고, 상기 (b) 단계로 진행하는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 방법.

$$\hat{\varepsilon}_u = \frac{\angle C_u}{2\pi}$$

(여기서, $\hat{\varepsilon}_u$ 는 상기 주파수 오프셋을 나타내고, $|\hat{\varepsilon}_u| < \frac{1}{2}$ 이고, C_u 는 상관값을 나타내며 $\sum_{k=1}^{N_u-1} \widehat{z_{k+N}^{(u)[u]}} (\widehat{z_k^{(u)[u]}})^*$ 이고, $\widehat{z_k^{(u)[u]}}$ 는 상기 선택 신호를 나타내며, N_u 는 상기 u번째 사용자가 사용하는 반송파의 개수를 나타내고, k는 프레임에 포함된 다수개의 수신 신호들 중에서 상기 u번째 사용자에게 대한 상기 수신 신호의 순번을 나타내며 $k=0, 1, \dots, N_u-1$ 이고, N은 한 블록을 이루는 칩의 개수를 나타내고, $\widehat{z_{k+N}^{(u)[u]}}$ 는 상기 선택 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)를 N 만큼 지연한 결과를 나타내며, $(\widehat{z_k^{(u)[u]}})^*$ 는 상기 선택 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)의 공액을 나타낸다.)

【청구항 3】

제2 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

상기 (a) 단계후에, 상기 다른 사용자들중 i번째 다른 사용자가 상기 u번째 사용자를 간섭한 상기 정도($\widehat{z_k^{(i)[u]}}$)를 다음과 같이 추정하고, 상기 (c) 단계로 진행하는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 방법.

$$\widehat{z_k^{(i)[u]}} = \begin{cases} e^{j\pi[\Delta_u(2k/N-1/L_u) + \hat{\varepsilon}_i(1/L_i-1/L_u)]} \frac{q_i \sin(\pi \hat{\varepsilon}_i / L_i)}{L_i \sin[\pi(\Delta_{iu} + \hat{\varepsilon}_i) / L_u]} \cdot \widehat{z_{k \% N_i}^{(i)[i]}}, & \text{for } N_i \leq N_u \\ e^{j\pi[\Delta_u(2k/N-1/L_i)]} \frac{q_i \sin(\pi \hat{\varepsilon}_i / L_i)}{L_i \sin[\pi(\Delta_{iu} + \hat{\varepsilon}_i) / L_i]} \cdot \sum_{l=0}^{M_{iu}-1} e^{j2\pi(\Delta_{iu} + \hat{\varepsilon}_i)l / L_u} \widehat{z_{k+IN_u}^{(i)[i]}}, & \text{for } N_i > N_u \end{cases}$$

(여기서, $k \% N_i$ 는 k 를 N_i 로 나누었을 때의 나머지를 나타내고, N_i 는 상기 i 번째 사용자가 사용하는 반송파의 개수를 나타내고, L_i 는 상기 i 번째 사용자를 위한 송신기에서 사용자 심볼을 반복한 횟수를 나타내고, L_u 는 상기 u 번째 사용자를 위한 송신기에서 사용자 심볼을 반복한 횟수를 나타내고, Δ_{iu} 는 $n_i - n_u$ 를 나타내고, n_i 는 i 번째 사용자에게 부여된 주파수 오프셋을 나타내고, n_u 는 u 번째 사용자에게 부여된 주파수 오프셋을 나타내고, q_i 는 i 번째 블록의 초기 위상 오프셋을 나타내고, $M_{iu} = \frac{N_i}{N_u} = \frac{L_u}{L_i}$ 이다.)

【청구항 4】

제3 항에 있어서, 상기 (c) 단계는

상기 (b) 단계후에, 상기 수신 신호로부터 상기 추정된 간섭량($\sum_{i=1, i \neq u}^U \widehat{z_k^{(i)[u]}}$)을 아래와 같이 감산하고, 상기 감산된 결과를 상기 복원 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)로서 결정하고, 상기 (d) 단계로 진행하는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 방법.

$$\widehat{z_k^{(u)[u]}} = r_k^{[u]} - \sum_{i=1, i \neq u}^U \widehat{z_k^{(i)[u]}}$$

(여기서, $r_k^{[u]}$ 는 상기 수신 신호를 나타낸다.)

【청구항 5】

제4 항에 있어서, 상기 소정 횟수는 상기 수신 신호 대 잡음비의 감소폭에 비례하여 결정되는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 방법.

【청구항 6】

제5 항에 있어서, 상기 (e) 단계는

상기 (a), 상기 (b) 및 상기 (c) 단계들이 상기 소정 횟수만큼 반복하여 수행되었다고 판단되면, 상기 (c) 단계에서 최종적으로 결정된 상기 레환 신호($\widehat{z_k^{(u)[u]}}$)와 상기 추정된 주파수 오프셋($\widehat{\epsilon_u}$)를 이용하여 상기 송신 신호($y_k^{[u]}$)를 아래와 같이 추정하는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 방법.

$$\widehat{y_k^{[u]}} = e^{-j\pi[\Delta_u(2k/N-1/L_u)+1]} \frac{L_u \sin(\pi \widehat{\epsilon_u}/L_u)}{\widehat{q_u} \sin(\pi \widehat{\epsilon_u})} \widehat{z_k^{(u)[u]}}$$

(여기서, $\widehat{y_k^{[u]}}$ 는 상기 추정된 송신 신호를 나타내고, q_u 는 u 번째 블럭의 초기 위상 오프셋을 나타낸다.)

【청구항 7】

인터리브된 주파수 분할 다중 접속(IFDMA)에서 $u(1 \leq u \leq U)$ (여기서, U 는 사용자의 수를 나타낸다.)번째 사용자에게 대한 송신 신호와 수신 신호간의 주파수 오프셋을 보상하는 주파수 오프셋 보상 장치에 있어서,

제 1 제어 신호에 응답하여 상기 수신 신호 또는 레환 신호를 선택 신호로서 결정하고, 상기 선택 신호로부터 상기 주파수 오프셋을 추정하고, 상기 추정된 주파수 오프셋을 출력하는 주(main) 주파수 오프셋 추정부;

$i(1 \leq i \leq U-1)$ 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호들이 상기 u 번째 사용자에게 대한 상기 수신 신호를 간섭하는 정도를 나타내는 간섭량을 상기 다른 사용자에게 대한 상기 수신 신호들, 상기 선택 신호 및 상기 추정된 주파수 오프셋으로부터 추정하고, 상기 추정된 간섭량을 출력하는 간섭량 추정부;

상기 수신 신호로부터 상기 추정된 간섭량을 감산하고, 상기 감산된 결과를 상기
궤환 신호로서 출력하는 감산부;

상기 주파수 오프셋 보상 장치의 상태를 분석한 결과에 응답하여 상기 제1 제어 신
호를 발생하고, 소정 기간이 경과되었는가를 검사하고 검사된 결과에 응답하여 제2 제어
신호를 출력하는 제어부; 및

상기 제2 제어 신호에 응답하여, 상기 감산부로부터 최종적으로 입력한 상기 궤환
신호와 상기 추정된 주파수 오프셋으로부터 상기 송신 신호를 추정하고, 상기 추정된 송
신 신호를 출력하는 송신 신호 추정부를 구비하고,

상기 제2 제어 신호에 응답하여, 상기 주 주파수 오프셋 추정부, 상기 간섭량 추정
부 및 상기 감산부를 인에이블시키는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋
보상 장치.

【청구항 8】

제7 항에 있어서, 상기 주 주파수 오프셋 추정부는

상기 감산부로부터 입력한 상기 궤환 신호와 외부로부터 입력한 상기 수신 신호중
하나를 상기 제1 제어 신호에 응답하여 선택하고, 선택된 결과를 상기 선택 신호로서 출
력하는 제1 선택부;

상기 제1 선택부로부터 입력한 상기 선택 신호를 단위 블록 만큼 지연하고, 지연된
상기 선택 신호를 출력하는 제1 지연부;

상기 제1 선택부로부터 입력한 상기 선택 신호의 공액을 계산하고, 계산된 상기
선택 신호의 공액을 출력하는 제1 공액 계산부;

상기 제1 공액 계산부로부터 입력한 상기 선택 신호의 공액과 상기 제1 지연부로부터 입력한 상기 지연된 선택 신호를 승산하고, 승산된 결과를 출력하는 제1 승산부; 및

상기 제1 승산부로부터 입력한 상기 승산된 결과를 상기 u번째 사용자가 사용하는 반송파의 개수(N_u)보다 하나 적은(N_u-1) 만큼 누적하고, 누적된 결과의 각도를 구하며, 상기 각도를 소정수로 제산하며, 제산된 결과를 상기 추정된 주파수 오프셋으로서 출력하는 제1 오프셋 계산부를 구비하고,

상기 제2 제어 신호에 응답하여 상기 제1 선택부, 상기 제1 지연부, 상기 제1 공액 계산부, 상기 제1 승산부 및 상기 제1 오프셋 계산부는 인에이블되는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 장치.

【청구항 9】

제8 항에 있어서, 상기 송신 신호 추정부는

상기 주 주파수 오프셋 추정부로부터 입력한 상기 추정된 주파수 오프셋으로부터 다음과 같은 이득을 계산하고, 계산된 결과를 제1 이득으로서 출력하는 제1 이득 계산부 ;

$$-e^{-j\pi[\Delta_u(2kN-1/L_u)+1]} \frac{L_u \sin(\pi \hat{\epsilon}_u / L_u)}{q_u \sin(\pi \hat{\epsilon}_u)}$$

(여기서, k는 프레임에 포함된 수신 신호들중에서 해당하는 상기 수신 신호의 순번을 나타내며 $k=0, 1, \dots, N_u-1$ 이고, N은 한 블록을 이루는 칩의 개수를 나타내고, L_u 는 상기 u번째 사용자를 위한 송신기에서 사용자 심볼을 반복한 횟수를 나타내고, $\hat{\epsilon}_u$ 는 상기 u번째 사용자에 대한 주파수 오프셋을 나타내고, Δ_{iu} 는 $n_i - n_u$ 를 나타내고, n_i 는 i

번째 사용자에게 부여된 주파수 오프셋을 나타내고, n_u 는 u 번째 사용자에게 부여된 주파수 오프셋을 나타내고, q_u 는 u 번째 블록의 초기 위상 오프셋을 나타낸다.)

상기 제1 이득을 반전하는 반전부; 및

상기 반전된 제1 이득과 상기 감산부로부터 최종적으로 입력한 상기 궤환 신호를 승산하고, 승산된 결과를 상기 추정된 송신 신호로서 출력하는 제2 승산부를 구비하고,

상기 제2 제어 신호에 응답하여 상기 제1 이득 계산부, 상기 반전부 및 상기 제2 승산부는 인에이블되는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 장치.

【청구항 10】

제9 항에 있어서, 상기 간섭량 추정부는

제 1 ~ 제 $U-1$ 종(sub) 주파수 오프셋 추정부들;

상기 제1 ~ 상기 제 $U-1$ 정도들을 추정하는 제1 ~ 제 $U-1$ 정도 추정부들;

합성부 ; 및

궤환 신호 생성부를 구비하고,

상기 제 i 종 주파수 오프셋 추정부는 상기 제1 제어 신호에 응답하여 상기 i 번째 다른 사용자에게 대한 궤환 신호 또는 상기 i 번째 다른 사용자에게 대한 상기 수신 신호를 선택하고, 선택된 결과로부터 상기 i 번째 다른 사용자에게 대한 주파수 오프셋을 추정하고

상기 제 i 정도 추정부는 상기 u 번째 사용자에게 대한 상기 수신 신호를 상기 i 번째 다른 사용자에게 대한 상기 수신 신호가 간섭한 상기 정도에 해당하는 상기 제 i 정도를 상

기 제 i 번째 다른 사용자에게 대한 상기 주파수 오프셋과 상기 제 i 종 주파수 오프셋 추정부에서 선택된 결과로부터 추정하고,

상기 합성부는 상기 제1 ~ 상기 제 $U-1$ 정도들을 합성하고, 합성된 결과를 상기 간섭량으로서 출력하고,

상기 궤환 신호 생성부는 상기 제1 이득과 상기 선택 신호, 상기 제1 ~ 상기 제 $U-1$ 정도들 및 상기 다른 사용자에게 대한 수신 신호들로부터 제1 ~ 제 $U-1$ 종 주파수 오프셋 추정부들에서 사용되는 상기 궤환 신호들을 생성하는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 장치.

【청구항 11】

제10 항에 있어서, 상기 제 i 종 주파수 오프셋 추정부는

상기 i 번째 다른 사용자에게 대한 상기 궤환 신호 또는 외부로부터 입력한 상기 i 번째 다른 사용자에게 대한 수신 신호중 하나를 상기 제1 제어 신호에 응답하여 선택하고, 상기 선택된 결과를 출력하는 제2 선택부;

상기 제2 선택부로부터 입력한 상기 선택된 결과를 상기 단위 블록 만큼 지연하고, 지연된 결과를 출력하는 제2 지연부;

상기 제2 선택부로부터 입력한 상기 선택된 결과의 공액을 계산하고, 계산된 결과를 출력하는 제2 공액 계산부;

상기 제2 공액 계산부로부터 입력한 상기 계산된 결과와 상기 제2 지연부로부터 입력한 상기 지연된 결과를 승산하고, 승산된 결과를 출력하는 제3 승산부; 및

상기 제3 승산부로부터 입력한 상기 승산된 결과를 상기 i번째 다른 사용자가 사용하는 반송파의 개수(N_i)보다 하나 적은(N_i-1) 만큼 누적하고, 누적된 결과의 각도를 구하며, 상기 각도를 상기 소정수로 제산하며, 제산된 결과를 상기 i번째 다른 사용자에게 대한 상기 추정된 주파수 오프셋으로서 출력하는 제2 오프셋 계산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 장치.

【청구항 12】

제10 항에 있어서, 상기 제i 정도 추정부는

상기 i번째 다른 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_i)와 상기 u번째 사용자가 사용하는 부 반송파의 개수(N_u)를 비교하고, 비교된 결과를 출력하는 비교부;

상기 제2 선택부로부터 입력한 상기 선택된 결과($\widehat{z_k^{(i)}}$)의 길이를 상기 비교부로부터 입력한 상기 비교된 결과에 응답하여 아래와 같이 신장하거나 축소하고, 신장하거나 축소된 결과를 출력하는 신호 신장 및 축소부;

$$\widehat{z_{k \% N_i}^{(i)}} \quad \text{for } N_i \leq N_u$$

$$\sum_{l=0}^{M_u-1} e^{j2\pi(\Delta_u + \widehat{\epsilon_i})l/L_u} \widehat{z_{k+1N_u}^{(i)}} \quad \text{for } N_i > N_u$$

(여기서, $\widehat{\epsilon_i}$ 는 상기 i번째 사용자에게 대한 주파수 오프셋을 나타낸다.)

상기 제i 중 주파수 오프셋 추정부로부터 입력한 상기 제i 번째 다른 사용자에게 대한 상기 주파수 오프셋으로부터 이득을 아래와 같이 계산하고, 계산된 결과를 제2 이득으로서 출력하는 제2 이득 계산부;

$$e^{j\pi[\Delta_u(2k/N-1/L_u)+\hat{\epsilon}_i(1/L_i-1/L_u)]} \frac{q_i \sin(\pi \hat{\epsilon}_i / L_i)}{L_i \sin[\pi(\Delta_{iu} + \hat{\epsilon}_i) / L_u]}$$

(여기서, L_i 는 상기 i 번째 사용자를 위한 송신기에서 사용자 심볼을 반복한 횟수를 나타내고, q_i 는 i 번째 블록의 초기 위상 오프셋을 나타낸다.)

상기 제 i 종 주파수 오프셋 추정부로부터 입력한 상기 제 i 번째 다른 사용자에 대한 상기 주파수 오프셋으로부터 이득을 아래와 같이 계산하고, 계산된 결과를 제3 이득으로서 출력하는 제3 이득 계산부

$$e^{j\pi[\Delta_u(2k/N-1/L_u)]} \frac{q_i \sin(\pi \hat{\epsilon}_i / L_i)}{L_i \sin[\pi(\Delta_{iu} + \hat{\epsilon}_i) / L_i]}$$

$$(여기서, M_{iu} = \frac{N_i}{N_u} = \frac{L_u}{L_i} \text{ 이다.})$$

상기 신호 신장 및 축소부로부터 입력한 상기 신장한 결과와 상기 제2 이득을 승산하고, 승산된 결과를 출력하는 제4 승산부;

상기 신호 신장 및 축소부로부터 입력한 상기 축소된 결과와 상기 제3 이득을 승산하고, 승산된 결과를 출력하는 제5 승산부; 및

상기 제4 및 상기 제5 승산부들로부터 입력한 상기 승산된 결과들중 하나를 상기 비교부로부터 입력한 상기 비교된 결과에 응답하여 선택하고, 선택된 결과를 상기 제 i 정도로써 출력하는 제3 선택부를 구비하는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 장치.

【청구항 13】

제10 항에 있어서, 상기 레환 신호 생성부는

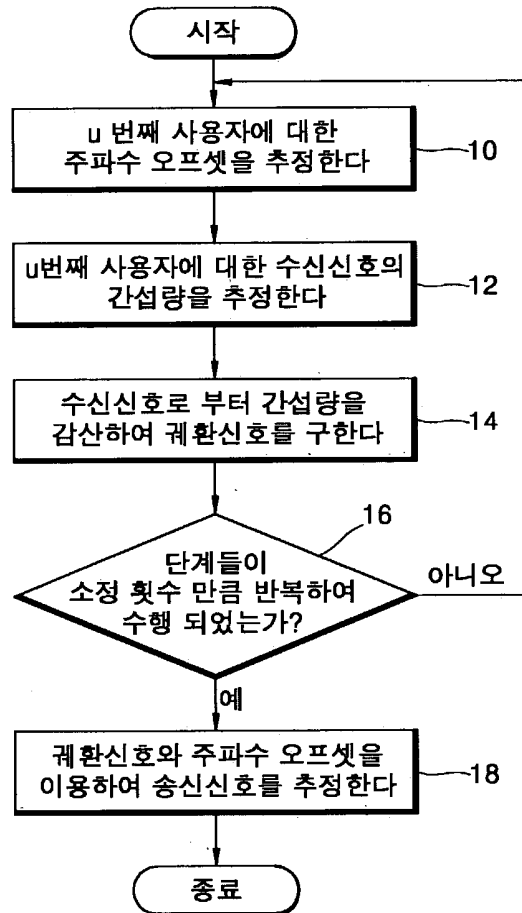
상기 제1 이득 계산부로부터 입력한 상기 제1 이득과 상기 제1 선택부로부터 입력한 상기 선택 신호를 승산하고, 승산된 결과를 출력하는 제6 승산부; 및

제1 ~ 제U-1 감산기들을 구비하고,

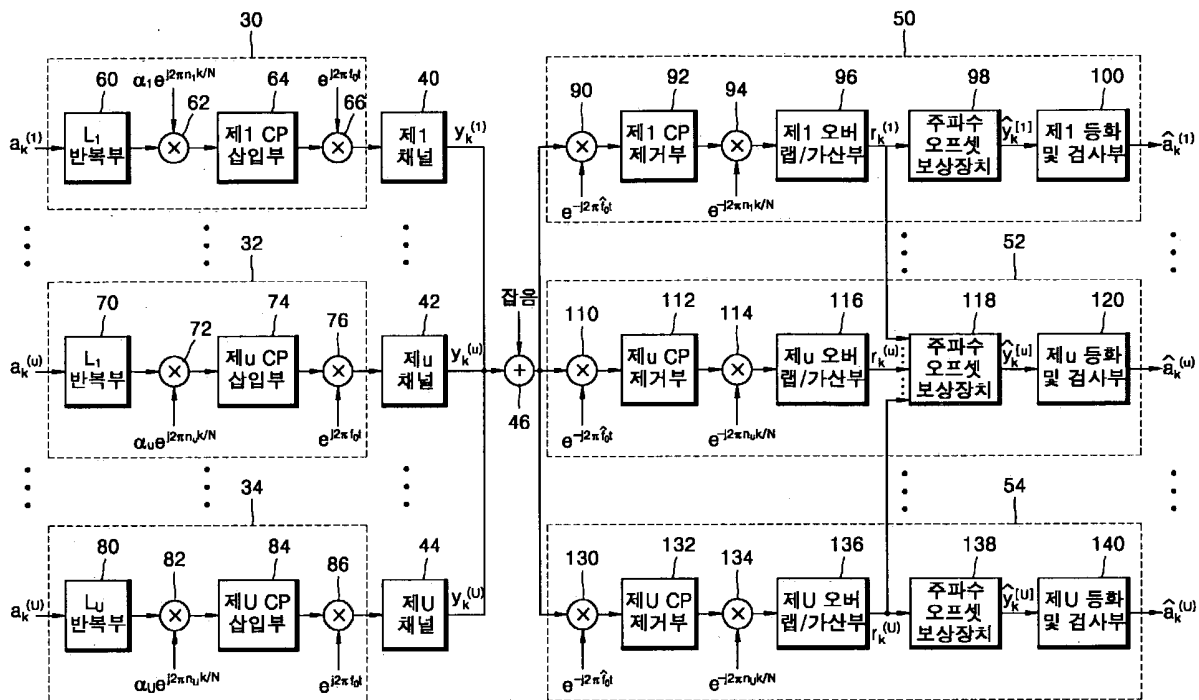
상기 제i 감산기는 상기 제i 번째 다른 사용자에게 대한 상기 수신 신호로부터 상기 제1 ~ 상기 제U-1 정도들중 상기 제i 정도를 제외한 정도들과 상기 제6 승산부에서 승산된 결과를 감산하고, 감산된 결과를 상기 제i 중 주파수 오프셋 추정부에서 사용되는 상기 궤환 신호로서 출력하는 것을 특징으로 하는 IFDMA를 위한 주파수 오프셋 보상 장치.

【도면】

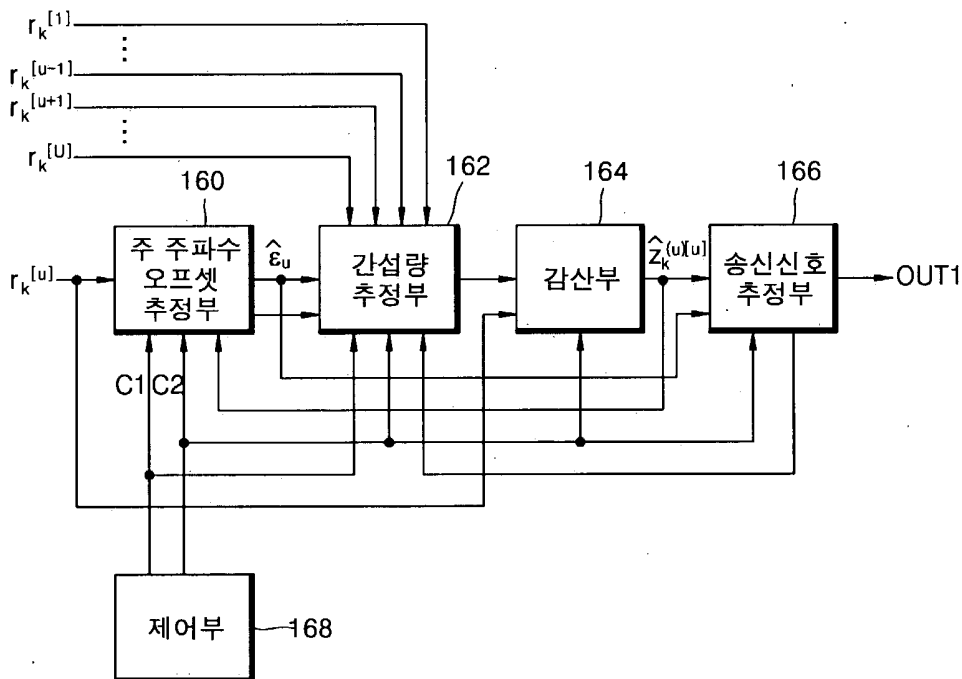
【도 1】



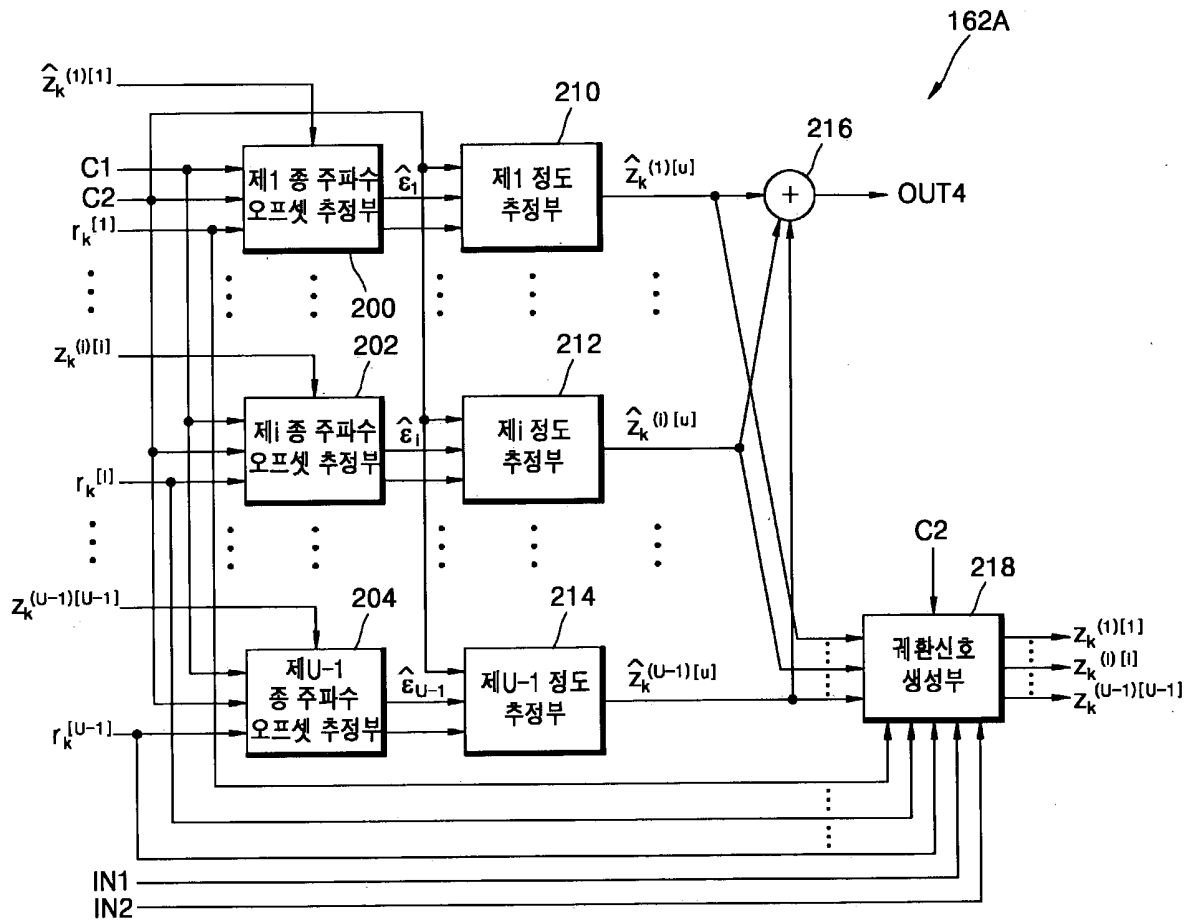
【도 2】



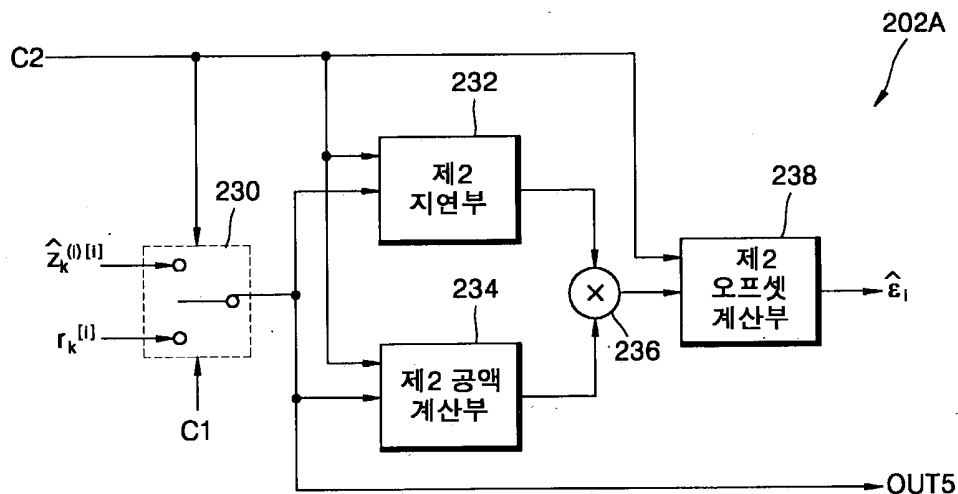
【도 3】



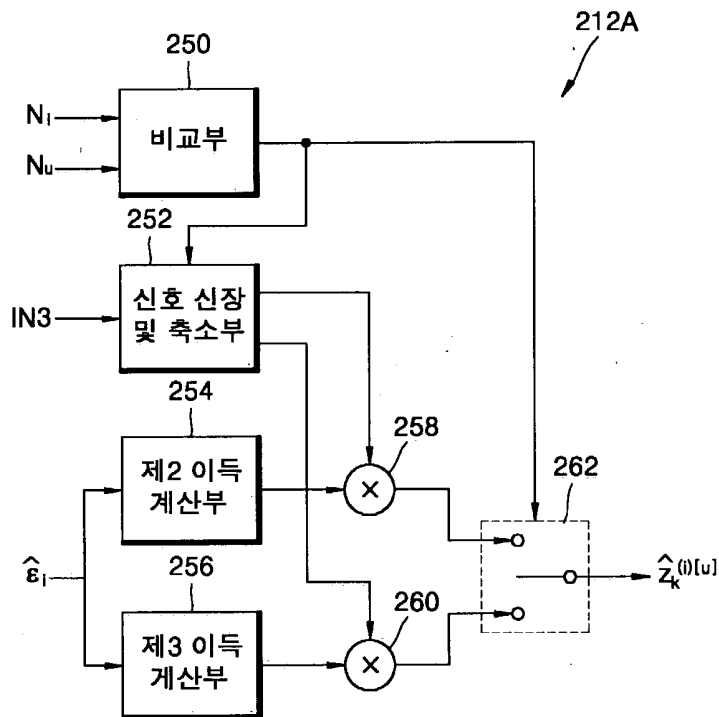
【도 6】



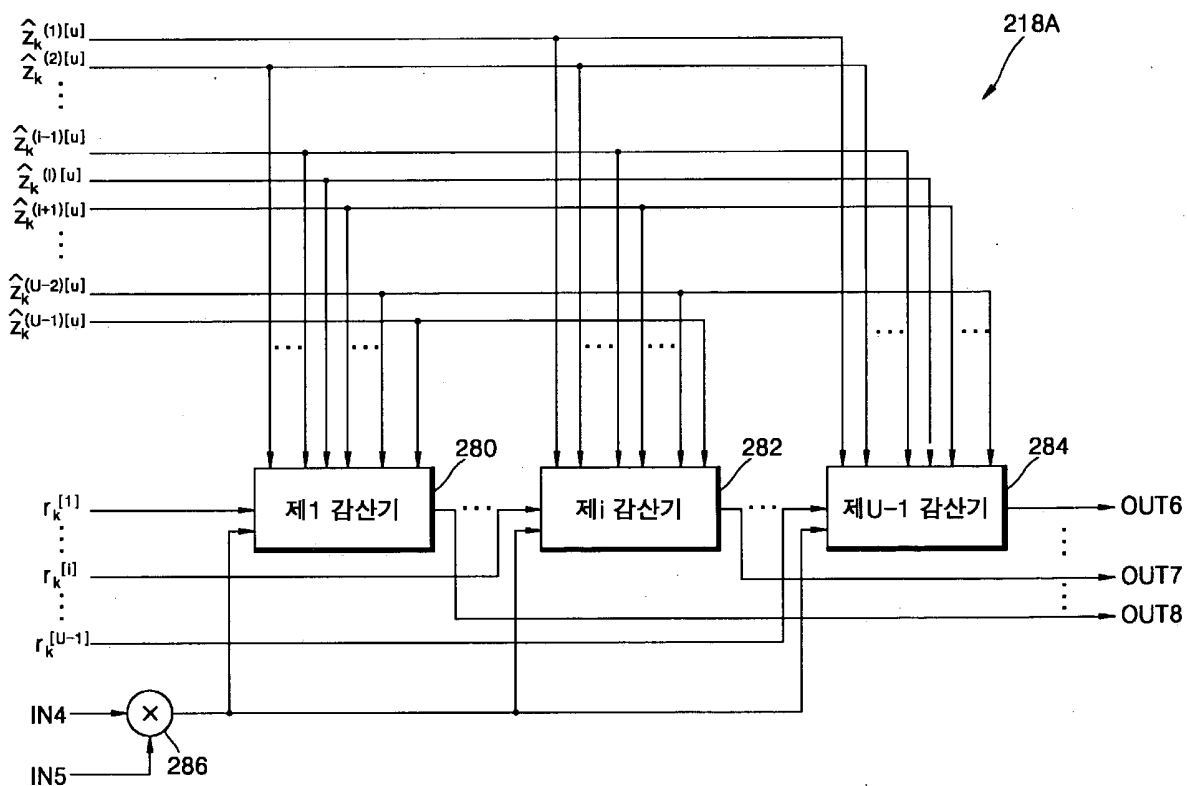
【도 7】



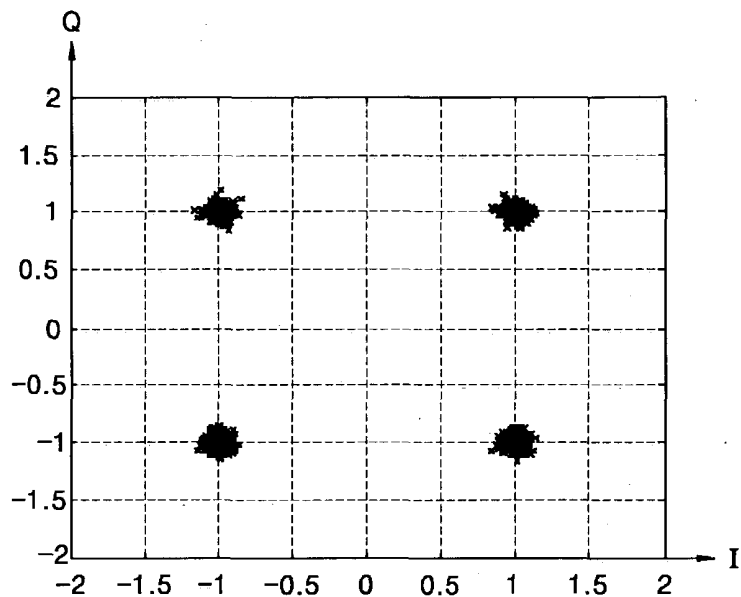
【도 8】



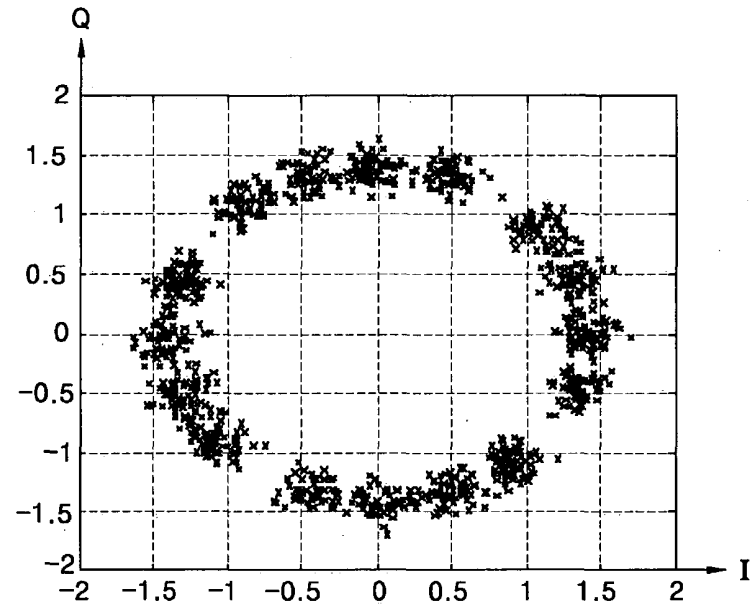
【도 9】



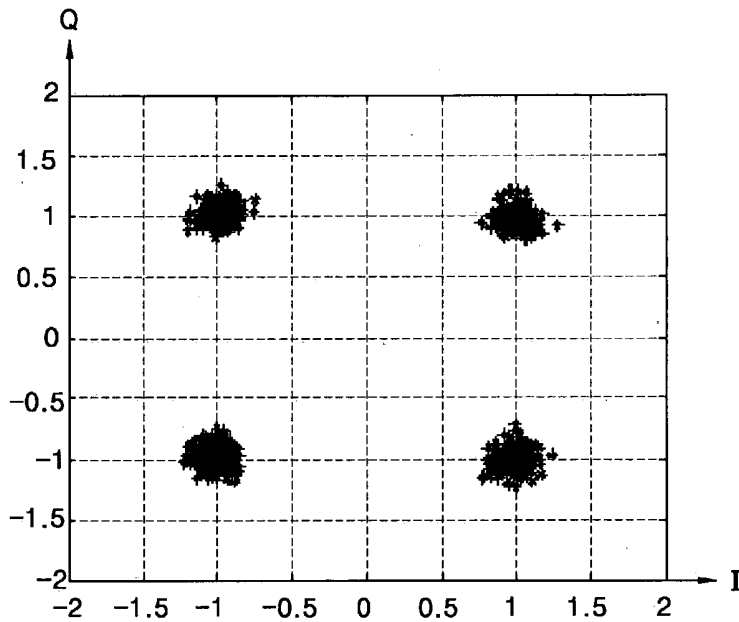
【도 10】



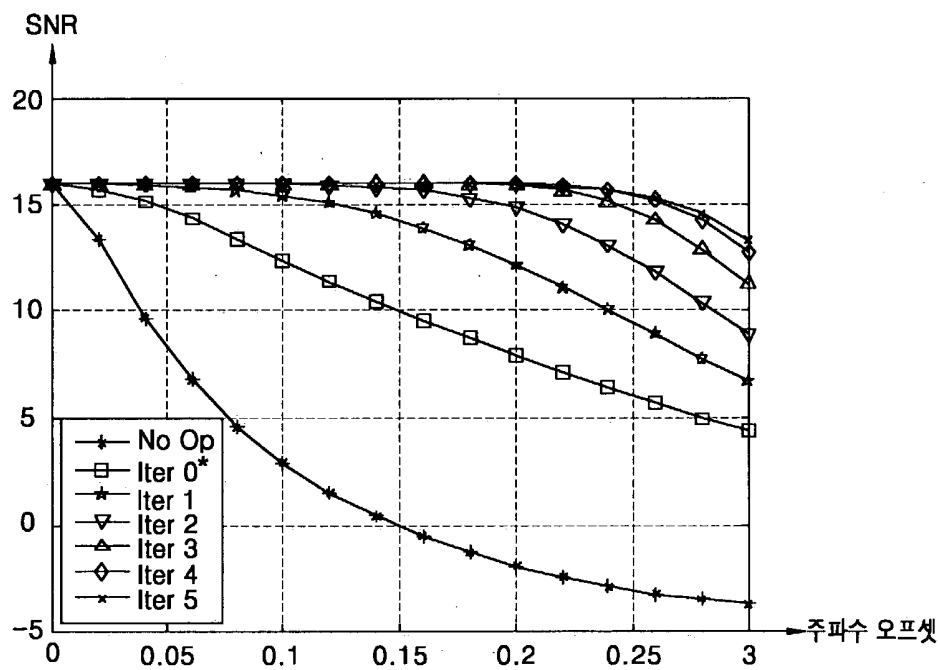
【도 11】



【도 12】



【도 13】



【도 14】

